

二酸化塩素の消毒特性と消毒効果指標細菌の選択に関する研究

函館工業高専土木工学科 正員 芦立 徳厚
 国立公衆衛生院水道工学部 正員 相沢 貴子
 国立公衆衛生院水道工学部 正員 真柄 泰基

1. はじめに

塩素消毒によるTHM生成問題に関して、水源の切り替えや原水の浄化という根本的な対策が直ちにとれない場合、代替消毒剤の検討が必要となる。著者らは塩素と同等の消毒・残留効果を持ち、有害塩素化有機物を副生しないと言われている二酸化塩素に注目して、その消毒特性を明らかにするとともに、消毒効果の指標細菌として何を選択すべきかを検討したので以下に報告する。

2. 実験方法

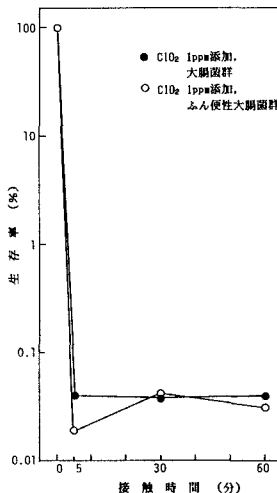
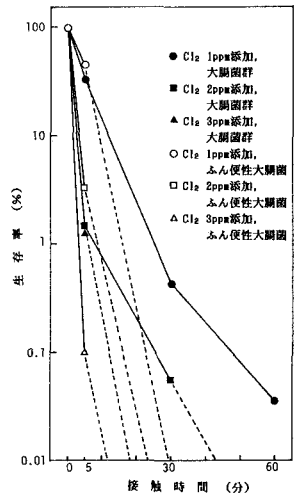
二酸化塩素の消毒特性を塩素と対比して明らかにするため、消毒実験は以下のような操作で行った。滅菌済み褐色共栓 300mL三角フラスコに検水を 200mL採り、これに濃度既知の二酸化塩素水(あるいは次亜塩素酸ナトリウム溶液)を所定の濃度になるように加えた。密栓して混和したのち、20℃のインキュベーター中に静置した。0, 5, 30, 60 分経過後、三角フラスコから残留消毒剤濃度を測定するために 100mLを別な容器に採ったのち、直ちに滅菌済み 3% チオ硫酸ナトリウムを 5mL加えて無毒化し細菌試験に供した。細菌試験は、消毒特性を多面的に把握するために次の6種類、すなわち・大腸菌群(■-Endo培地MF法)・ふん便性大腸菌(■-F C培地MF法)・ふん便性連鎖球菌(■-Enterococcus培地MF法)・Klebsiella(■-Kleb培地MF法)・一般細菌(S P C培地混釈平板法)・有機栄養細菌(R 2 A培地表面塗抹法)について行った。検水としては、各種細菌をある程度含みかつ消毒剤をあまり消費しないように、函館市内の清浄河川水に下水処理場の流入下水を 5% 添加したものを用いた。なお、二酸化塩素水は、亜塩素酸ナトリウムとクエン酸・カオリン混合物をデシケータ中で一夜反応させ、発生した二酸化塩素を純水に吸収させる方法によって作製した。

また、各種腸内細菌の二酸化塩素に対する耐性を調べるために、二酸化塩素、塩素各 1.0ppm に60分接触させ前後の腸内細菌分布をA P I 20E システムにより分類した。

3. 実験結果と考察

検水に二酸化塩素及び塩素をそれぞれ 1, 2, 3ppm 添加した実験結果を図1から図4に示した。図は消毒剤接触時間と当初の細菌数を100%とした生存率の関係で示されている。図1は二酸化塩素を加えた場合の指標細菌が大腸菌群とふん便性大腸菌の結果であるが、2ppm以上は5分後にすでに検水10mL中にも両細菌とも検出されなかった。1ppmについても、5分後に不活化率が99.9%を超えており、二酸化塩素の消毒力の大きさを示している。図2は塩素の場合であるが、二酸化塩素に比べて細菌数の減少経過は緩慢である。大腸菌群とふん便性大腸菌はともに消毒剤耐性の低い指標細菌なので消毒剤の消毒特性を把握しづらい面がある。消毒剤耐性の大きい有機栄養細菌を指標として消毒経過を示したのが図3, 4である。図3の二酸化塩素の場合、5分までの細菌数の減少は急激であるが、その後の減少はきわめて緩慢というのが大きな特徴である。また、2ppmと3ppmとの間に1ppmとの間ほどの差異は見られなかった。一方、塩素の場合は減少はゆるやかであるが、半対数グラフ上でほぼ直線的に減少してゆく。

添加率が異なる場合の間隔は対数的にほぼ等間

図1 ClO₂の消毒経過(1)図2 Cl₂の消毒経過(1)

隔であった。この二酸化塩素の消毒特性に大きな影響を与えているのが、二酸化塩素の揮発性が高いという性質である。同じ添加率で比較すると、二酸化塩素の残留率は塩素のそれより常に低い。したがって、二酸化塩素自身は強力な消毒効果を持っているが、揮発性が高いために消毒剤濃度が急速に低下して消毒効果が停滞状態になるものと思われる。この推察が正しいとすれば、二酸化塩素を導入する場合、消毒工程ならびにその後の工程を被圧下に置くことを考慮する必要がある。

二酸化塩素を消毒剤として採用する場合、その消毒効果を判定する指標細菌に何を用いたらよいかが問題となる。すでに若干述べたように、ふん便性大腸菌や大腸菌群は二酸化塩素耐性がきわめて低い。そこでまづ、腸内細菌の中に二酸化塩素耐性菌種がないか検討してみた。消毒剤添加前後の腸内細菌の分類結果を表1に示した。添加前の検水では *Escherichia coli* が半数以上を占めた。検水中の細菌の供給源は主として家庭下水なのでこの結果は妥当なものと考えられる。二酸化塩素添加後は、*E. coli* は1例しか検出されず、*Klebsiella oxytoca* 等の *Klebsiella* 属と非腸内細菌の *Aeromonas* が多く検出された。一方塩素消毒では、*E. coli* は全く検出されず、二酸化塩素以上に *Klebsiella*

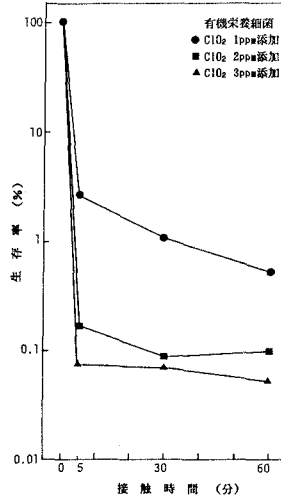


図3 ClO_2 の消毒経過(2)

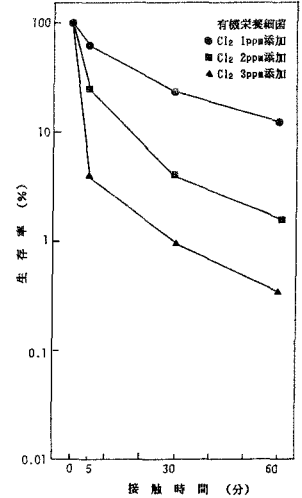


図4 Cl_2 の消毒経過(2)

表1 消毒による菌種構成の変化

	検水	ClO_2 添加後	Cl_2 添加後
<i>Escherichia coli</i>	7	1	-
<i>Enterobacter cloacae</i>	-	-	1
<i>Citrobacter freundii</i>	2	-	1
<i>Klebsiella oxytoca</i>	-	4	3
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	-	-	3
<i>Klebsiella sp.</i>	-	1	1
<i>Aeromonas hydrophila</i>	2	4	2
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i> var. <i>anitratus</i>	-	2	1
unidentified	1	-	1
	12	12	12

属が多く検出された。この結果から、*E. coli*は両消毒剤にきわめて弱いこと、腸内細菌の中では *Klebsiella* 属が強い消毒剤耐性を有していることが明らかになった。

以上の結果をもとに *Klebsiella* も試験項目に加えて行った消毒実験の結果の一例（両消毒剤とも2ppm添加）を図5, 6に示した。両消毒剤とも、ふん便汚染指標細菌のグループと生菌数指標細菌のグループに傾向が分かれる。前者の消毒剤耐性は低く後者は高い。

この結果から、消毒剤耐性の高い病原微生物が消毒工程まで到達する可能性のある浄水場では、大腸菌群だけで消毒効果を判定するのはきわめて危険であるので、有機栄養細菌か一般細菌を並行して試験することが必要である。

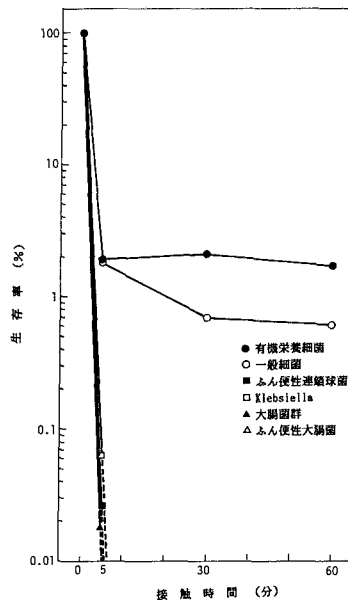


図5 各指標細菌の消毒経過(ClO_2)

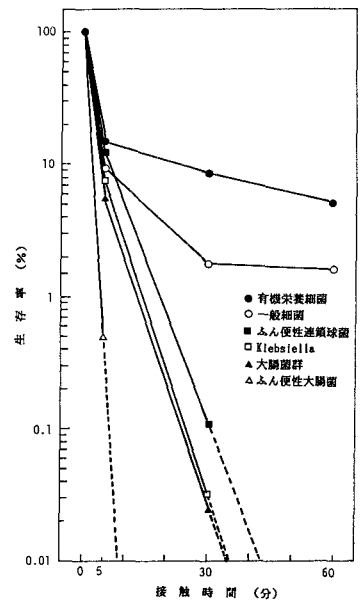


図6 各指標細菌の消毒経過(Cl_2)